

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 62 (1942-1945)  
**Heft:** 258

**Artikel:** La bise en Suisse romand : étude de climatologie dynamique  
**Autor:** Bouët, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-273231>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 21.12.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## La bise en Suisse romande Etude de climatologie dynamique

PAR

*Max BOUET*

(Séance du 20 mai 1942.)

### 1. — Généralités.

On entend par bise en Suisse romande un vent du secteur N à NE dont les propriétés bien marquées en font un des éléments des plus caractéristiques du climat de cette partie de la Suisse. On peut le définir sommairement comme un vent froid et sec, soufflant en général par périodes de plusieurs jours consécutifs et pouvant atteindre parfois une grande violence. Si l'on remarque en outre que le « temps de bise » est lui aussi bien typique, qu'il constitue un épisode caractéristique dans l'évolution générale du temps en Suisse romande, on comprendra l'intérêt que présente son étude, soit comme élément du climat, soit comme type de temps que toute prévision rationnelle pour la région du Léman ne saurait ignorer.

Voici dans ses grandes lignes et un peu schématisée la succession des phénomènes lors d'une période de bise: celle-ci peut soit procéder d'une rotation du vent du NW au NE à l'arrière d'une dépression, soit succéder au calme plat; elle augmente rapidement de force, atteint un maximum au bout de quelques heures, puis tombe graduellement et lentement; une forte bise dure au moins 24 heures, mais peut se maintenir pendant plusieurs jours. La pression est en général en hausse, la température en baisse. Le ciel s'éclaircit assez rapidement et la pluie n'est plus à craindre jusqu'à la fin de la période. Bref, en l'espace de quelques heures, le temps a complètement changé: de couvert et pluvieux qu'il était, il est devenu clair et sec. En réalité, le tableau de la bise d'hiver diffère sur plus d'un point de celui de la bise d'été; nous relèverons plus loin quelques-unes de ces divergences.

Pour préciser l'importance climatologique de la bise en Suisse romande, donnons quelques chiffres tirés de l'ouvrage de MAURER et BILLWILLER (1). Voici la fréquence des vents en pour cent dans la rose de 8 pour trois stations à bise, ainsi que pour Berne et Zurich à titre de comparaison (1881-1900):

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	GALMES
Genève	20	9	5	4	15	12	4	3	28
Lausanne	10	15	2	3	3	13	5	4	45
Neuchâtel	4	28	3	2	2	22	9	7	23
Berne	6	10	2	3	1	10	6	2	60
Zurich	5	12	8	3	4	9	13	8	38

Si nous groupons ensemble les vents du N et du NE, nous obtenons la répartition suivante:

Genève 29 %; Lausanne 25 %; Neuchâtel 32 %; Berne 16 %; Zurich 17 %.

On voit qu'un tiers environ des vents soufflant en Suisse romande relèvent de la bise. MULLER (2) a montré en outre que non seulement la fréquence, mais encore la force des vents du NE est en moyenne notablement plus grande en Suisse romande que sur le reste du Plateau suisse. Notons encore que la bise est plus fréquente et plus forte en hiver qu'en été; les mois de janvier et de février sont les mois de bise par excellence.

La zone de bise proprement dite comprend tout le bassin du Léman à l'exception du Haut-Lac, le Plateau vaudois et fribourgeois et la région des lacs jurassiens. La portion du Plateau située à l'Est de l'Aar ne connaît guère de bise forte, bien que le courant général du NE s'y fasse nettement sentir. Dans les Préalpes et les Alpes, la distribution des vents du NE est évidemment troublée par le relief lui-même; on ne possède pas d'observations suffisantes pour pouvoir se faire une idée précise de leur répartition dans cette région.

A Genève, la bise est un vent du NNE, à Lausanne, du NNE à NE, à Neuchâtel et à Berne, du NE; à Zurich, on note par forte bise des directions variables, comprises entre N et E: la situation de la Station centrale météorologique sur le versant Sud-Ouest du Zurichberg est peu favorable à l'observation du vent général non perturbé par le relief local.

On sait que le mistral de la Provence française est un vent du Nord dont les propriétés sont identiques à celles de la bise. Il est prouvé que dans bien des cas la bise de Suisse

romande se continue dans la vallée du Rhône où elle porte d'ailleurs le même nom jusqu'à Valence à peu près, et que le mistral n'est pas autre chose que son extrême extension vers le Sud. Mais il est d'autre part établi, et c'est aussi l'opinion de BÉNÉVENT (3), que la bise et le mistral peuvent ne pas souffler simultanément. Il semble bien que les conditions isobariques ne soient pas absolument identiques pour ces deux vents; une dorsale de l'anticyclone des Açores sur le Sud de la France peut donner naissance au mistral et ne pas déclencher la bise en Suisse. Le mistral semble dépendre assez étroitement de la dépression ligurienne, ce qui n'est pas le cas pour la bise.

Signalons en passant que la bora de l'Istrie et de la Dalmatie est elle aussi un proche parent de la bise. Ce vent froid et sec, parfois très violent, qui se déverse sur l'Adriatique est également un agent de transport des masses froides continentales vers le Sud; ses conditions de formation sont, dans leurs grandes lignes, les mêmes que celles de la bise. L'étude parallèle du mistral, de la bora et de la bise serait intéressante à plus d'un titre; elle sort cependant du cadre de notre travail et nous ne nous y arrêtons pas.

Il a paru utile d'entreprendre, pour la première fois sauf erreur, l'étude de la bise considérée du point de vue de la physique de l'atmosphère. On constate en effet avec surprise que jusqu'à ce jour et à notre connaissance aucune recherche de ce genre n'a été faite. Alors que le fœhn, élément si typique du climat de certaines vallées alpestres, a été depuis fort longtemps l'objet de la curiosité des chercheurs et a donné lieu à d'abondants travaux qui ont mis à peu près au point sa théorie, la bise, pourtant beaucoup plus fréquente, n'a laissé que très peu de traces dans la littérature météorologique de notre pays. Il est vrai que, phénomène plus simple que le fœhn et dénué de tout appareil spectaculaire, la bise ne pose pas au météorologiste de problèmes bien compliqués.

Laissant à d'autres le soin, utile cependant, d'établir la climatologie proprement dite de la bise, nous nous bornons ici à considérer quelques propriétés de ce vent qui, reconnaissons-le, ne jouit pas d'une très bonne réputation dans le pays romand!

## 2. — *Matériel.*

On a laissé délibérément de côté dans ce travail les bises faibles et en particulier les brises issues du secteur Nord; celles-ci ont un caractère nettement local et on peut les ranger soit parmi les brises de montagnes, soit parmi les brises



lacustres (morget du lac Léman). Seules ont été prises en considération les bises moyennes ou fortes, durables et n'ayant pas un caractère local. L'absence de bonnes stations anémométriques s'est fait sentir ici une fois de plus et il a fallu se contenter des observations horaires du vent faites à l'Observatoire de Genève telles qu'elles sont publiées dans les « Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentral-Anstalt ». Partant de ces observations, nous avons relevé les cas de forte bise pendant les années 1927 à 1937; nous n'avons retenu que les périodes d'au moins 2 jours de bise régulière ayant atteint au moins une fois l'échelon 2 de la demi-échelle de Beaufort (max. 6). C'est dire que bien des situations de bise faible ou très intermittente nous ont échappé; mais tel était bien notre propos.

Nous avons établi deux séries de cas de bise se recouvrant d'ailleurs en grande partie: 1. jours de bise forte d'hiver continue, pour lesquels un puissant courant du NE souffle sur tout le versant Nord des Alpes; nous l'appellerons la série I; établie spécialement en vue de l'étude du gradient de température, elle ne comprend que des cas de bise de novembre à février et on y a exclu le début et la fin des périodes de bise; 2. jours de bise moyenne ou forte en toutes saisons, y compris le premier jour de la période; ce sera la série II. La première porte sur la période 1927-1937 et compte 100 observations de température et de pression au total; la seconde s'étend de 1930 à 1935 et compte 60 périodes totalisant 208 jours de bise.

### 3. — *Les conditions synoptiques.*

Comme nous l'avons dit plus haut, nous avons complètement laissé de côté les brises locales du secteur N à NE. La bise étudiée ici n'est donc pas un vent local, mais bien une branche d'un courant général intéressant une partie plus ou moins vaste de l'Europe centrale; il est donc possible de l'examiner dans ses relations avec la situation isobarique générale du continent européen.

Une étude attentive des cartes isobariques journalières amène à la constatation importante que voici: l'existence de la bise est étroitement liée à la présence d'un anticyclone au Nord-Ouest du continent ou sur l'Europe centrale. Les rares auteurs qui ont soulevé la question de l'origine de la bise ont toujours insisté sur la dépression de la Méditerranée occidentale; la bise serait due à l'aspiration de l'air continental par cette dépression qui, comme on le sait, est quasipermanente.

nente. C'est, entre autres, l'opinion de MULLER déjà cité et celle de FOREL (4); ce dernier mentionne toutefois l'anticyclone sur la France et l'Allemagne comme deuxième cause. Nous ne pensons pas que le rôle de la dépression méditerranéenne soit décisif dans la formation de la bise. Il est en effet facile de montrer de nombreux cas où l'existence d'une dépression active dans la partie occidentale de la Méditerranée, si elle provoque un fort mistral en Provence, ne donne pas naissance à la bise en Suisse romande (voir l'exemple donné plus loin). Par contre, chaque fois que cette dépression est accompagnée d'un anticyclone au Nord des Alpes, la bise se met à souffler et sa durée dépend de la longévité et de l'emplacement de l'anticyclone. On peut donc affirmer, à une restriction près qui sera mentionnée plus loin, que la naissance de la bise est conditionnée par une haute pression au Nord des Alpes qui a pour corollaire, cela est évident, une basse pression au Sud; mais il importe peu que la carte isobarique révèle une dépression active ou seulement une zone de basse pression relative sur la Méditerranée; l'existence d'un gradient de pression dirigé vers le Sud ou le Sud-Ouest au Nord des Alpes est en fait déterminante.

La bise apparaît donc au point de vue synoptique comme un phénomène de fin de famille cyclonique: lorsqu'une invasion d'air froid se produit à l'arrière d'une dépression des latitudes moyennes (Mer du Nord ou Mer Baltique), une hausse de pression d'origine à la fois advective et stratosphérique se produit en cet endroit et amorce la formation d'un anticyclone, mobile ou stationnaire, qui clôt pour un temps la série des dépressions venant de l'Ouest. On a donc, en simplifiant, la succession suivante: forte activité dépressionnaire sur le Nord de l'Europe ou marais barométrique — descente vers le Sud du front polaire — courant du NW sur les Iles britanniques et la France — formation d'un anticyclone sur ces mêmes régions, avec ou sans dépression ligurienne, et bise en Suisse romande.

La bise est par conséquent un phénomène post-frontal et se lève dans la règle peu après l'arrivée d'une masse d'air froid dans notre pays. Mais il est important de noter que la bise ne se lève, en général, que 24 ou 48 heures après le passage frontal et non pas immédiatement après lui; ce n'est en effet que lorsque le gradient anticyclonique a atteint une certaine valeur que le courant de bise peut s'établir.

L'examen des cartes synoptiques nous a permis de définir les types d'anticyclones accompagnant la bise. Nous distin-

guons: a) les anticyclones mobiles; b) les anticyclones stationnaires ou quasistationnaires. La série II comprenant 60 périodes examinée à ce point de vue permet de dresser la statistique de fréquence suivante:

a) Anticyclones mobiles traversant l'Europe de l'W à l'E ou du SW au NE	25 fois
b) Anticyclones stationnaires:	
A. atlantique avec prolongement éventuel vers l'Est	10 »
A. atlantique centré sur les Iles britanniques	14 »
A. sur l'extrême Nord (Mer Glaciale)	2 »
A. sur la Scandinavie ou la Russie	5 »
A. sur l'Europe centrale	4 »

On remarquera que les anticyclones à l'Ouest et au Nord-Ouest du continent sont les cas les plus fréquents. Dans le groupe a) les périodes de bise sont courtes, d'une durée de 1 à 3 jours; elles correspondent en général à la forme en dôme du barogramme: hausse rapide suivie d'une baisse de pression. Dans le groupe b) où se rencontrent les plus longues périodes de bise pouvant atteindre jusqu'à trois semaines, il y a bien en général une hausse de pression initiale correspondant à la formation de l'anticyclone; mais la pression reste ensuite à peu près stationnaire. Nous ne pouvons ici entrer dans des détails sans courir le risque d'être confus. Mentionnons seulement le cas, très fréquent en janvier et février, des anticyclones stationnaires autour desquels circulent des dépressions successives qui, passant par l'extrême Nord du continent, descendent vers le Sud-Est, sur la Russie. A l'approche du front froid (souvent masqué au sol) de ces dépressions, la bise tombe momentanément, pendant un jour ou deux, puis reprend dès que l'anticyclone continental s'étend à nouveau vers l'Est; le phénomène peut se reproduire plusieurs fois de suite, de telle sorte qu'il est parfois difficile de dissocier les périodes de bise successives et très rapprochées qui caractérisent certains de nos mois d'hiver.

Concernant l'origine géographique des noyaux de hausse de pression, l'examen de la série II permet d'établir le tableau suivant donnant la fréquence des emplacements des noyaux avant chaque période, c'est-à-dire un ou deux jours avant le début de la bise.

Atlantique	40 fois
Islande, Groenland	9 »
Scandinavie	5 »
Russie	3 »
Europe centrale	3 »

La prépondérance des hausses de pression se produisant sur l'Atlantique est évidente, fait qui n'est pas sans intérêt pour la prévision de la bise.

Il n'est pas possible de fixer exactement les limites en latitude des positions du centre anticyclonique. Un fait ressort cependant de notre examen, à savoir que le centre doit se trouver entre le 45<sup>e</sup> et le 70<sup>e</sup> parallèle N; un anticyclone qui se forme au Sud du 45<sup>e</sup> parallèle ne donne pas lieu à une situation de bise, mais cas échéant au mistral ou à l'autan du Midi français.

Reste à examiner un type synoptique qui semble peu fréquent, celui de la bise cyclonique. Nous avons vu que la présence d'un anticyclone au Nord-Ouest du continent ou sur l'Europe centrale était de règle dans les cas de bise forte. Or parmi les 60 cas de la série II, il s'en trouve 8 où la Suisse était dans une région à courbure cyclonique des isobares. Il s'agit d'une dépression méditerranéenne très vaste, centrée sur l'Italie, ayant suivi la trajectoire Va ou formée sur place. En général, ces dépressions n'intéressent que le champ isobarique du Sud des Alpes, celui du Nord étant à courbure anticyclonique. Mais dans les 8 cas mentionnés, s'il existe bien une ébauche d'anticyclone sur l'Atlantique ou sur le Nord de la France, la Suisse et une grande partie de l'Allemagne se trouvent nettement à l'intérieur d'une vaste zone dépressionnaire qui couvre toute la partie centrale de la Méditerranée. Dans ces cas, la température ne varie guère, ce qui indique bien que les masses d'air amenées par la bise ne proviennent pas de latitudes plus élevées, mais sont issues du Sud-Est de l'Europe (Balkans); la température ne commence à baisser qu'au moment où la bise cesse d'être cyclonique pour devenir anticyclonique; ce fut précisément le cas les 18 mars 1932, 14/16 décembre 1933 et 8/9 février 1935, dates qui marquèrent le début d'une plus longue période de bise: de cyclonique la bise devint anticyclonique.

Si l'existence de la bise est liée à la formation d'un anticyclone sur le Nord du continent, il est clair que ce courant disparaîtra avec l'anticyclone lui-même. C'est bien ce que montrent les cartes synoptiques, et l'on peut rattacher cette disparition aux quatre types suivants:

- a) Déplacement vers l'E de l'anticyclone (A. mobiles).
- b) Affaissement sur place de l'anticyclone entraînant une diminution du gradient de pression (A. stationnaires): calme anticyclonique.

- c) L'anticyclone se centre sur la région des Alpes: calme anticyclonique.
- d) Baisse générale de pression à l'Ouest ou au Nord-Ouest; notre pays peut passer dans ce cas assez rapidement d'une situation de bise à une situation de fœhn. Une baisse de pression au Nord-Est (Russie) entraîne une accalmie momentanée et laisse prévoir une nouvelle phase de bise.

Il y a une dissymétrie marquée entre le début et la fin de la bise; il est en général aisé de fixer l'instant où la bise se lève; il est par contre difficile de déterminer l'heure de son extinction. La bise fraichit rapidement à son début; vers la fin elle devient intermittente et faiblit insensiblement. De là la difficulté de fixer la durée exacte d'une période.

#### 4. — *La pression.*

##### a) *Valeur absolue.*

Voici une petite statistique de la pression observée lors de la bise à Genève (405,0 m.) pour des intervalles de 5 en 5 mm., borne supérieure exclue. Elle est tirée de la série II (208 jours) et s'appuie sur les trois observations journalières:

710 à 715 mm.	11 fois	2	%
715 à 720 »	33 »	5	»
720 à 725 »	98 »	16	»
725 à 730 »	193 »	31	»
730 à 735 »	210 »	34	»
735 à 740 »	65 »	10	»
740 à 745 »	14 »	2	»

D'après MAURER (1), la pression moyenne à Genève est de 726,8 mm. (1864-1900); le maximum absolu est de 748,7 mm. et le minimum absolu de 700,3 mm. Il ressort donc de cette liste que la pression la plus fréquente par temps de bise est voisine de la pression normale et lui est légèrement supérieure, constatation qui s'accorde avec le caractère anticyclonique de la bise si l'on remarque que la Suisse romande se trouve alors sur le versant sud de l'anticyclone et non en son centre. On notera que la bise est très rare par basse pression, ainsi que par très haute pression; la liste établie ne compte en effet aucun cas de bise par pression inférieure à 710 mm. ou supérieure à 745 mm.

##### b) *La différence de pression entre Bâle et Lugano.*

On sait que cette différence qui ne saurait être assimilée à un gradient est rarement nulle. En moyenne, la pression est

d'après MAURER de 1,05 mm. plus élevée à Bâle qu'à Lugano. La différence varie constamment, la pression étant tantôt plus élevée au Sud (cas du fœhn), tantôt plus élevée au Nord des Alpes (cas de la bise); ajoutons cependant qu'il n'y a pas toujours fœhn dans le premier cas, ni toujours bise dans le second; cette condition n'est en effet pas suffisante. Mais on peut poser comme règle générale que lorsque la bise souffle en Suisse romande, la pression est toujours plus élevée au Nord qu'au Sud des Alpes. Pour les 100 observations de la série I, nous avons obtenu une différence moyenne de 5,7 mm. entre Bâle et Lugano au niveau de cette dernière station; la valeur maximum était de 14 mm. dans cette série. Une différence de pression supérieure à 14 mm. entre les deux versants doit être exceptionnelle.

Dans tout ce qui suit, nous disons pour plus de commodité que la différence de pression est positive lorsque la pression est plus élevée à Bâle qu'à Lugano, négative dans le cas contraire.

Voyons maintenant comment se comporte la différence de pression Bâle-Lugano au cours d'une période de bise forte. De nulle ou négative même, elle devient rapidement positive un ou deux jours avant le début de la bise, atteint son maximum vers le deuxième jour de bise, puis décroît plus ou moins lentement suivant l'évolution de la situation générale. La variation locale de pression n'est donc pas la même au Nord et au Sud des Alpes, phénomène bien connu et qui est très général. En admettant en première approximation que la variation locale est une fonction périodique du temps, on peut dire que la courbe de pression au Sud des Alpes est décalée en arrière par rapport à celle du versant Nord; une baisse de pression se poursuit plus longtemps au Sud qu'au Nord, la hausse y débute plus tard.

v. FICKER (5) a tenté d'expliquer ce décalage des ondes de pression par la superposition de deux ondes distinctes: l'onde primaire d'origine stratosphérique et l'onde secondaire due à l'advection d'air plus froid dans la troposphère inférieure; comme cette advection, gênée par le barrage alpin, parvient avec un certain retard sur le versant Sud, la variation secondaire de pression y est également retardée. Certaines dépressions liguriennes éphémères n'auraient d'après v. FICKER pas d'autre cause.

On peut dans quelques cas particulièrement simples schématiser le phénomène et le représenter comme suit: soit  $p_1 = f(t)$  la loi de variation de pression au Nord des Alpes



en fonction du temps, et  $p_2 = g(t)$  celle du versant Sud au même niveau; nous posons

$$p_1 = p_0 + a \sin \omega t$$

et 
$$p_2 = p_0 + a \sin (\omega t + \varphi)$$

Alors  $p_1 - p_2 = \Delta p = 2a \sin \frac{\varphi}{2} \cos \frac{2\omega t - \varphi}{2}$ . Pour une valeur déterminée du paramètre  $\varphi$ , la courbe  $\Delta p$  est représentée par la fonction périodique  $K \cos \frac{2\omega t - \varphi}{2}$  de même période que  $p_1$  et  $p_2$  et dont l'amplitude  $K$  peut varier de 0 à  $2a$  pour  $\varphi$  variant de 0 à  $\pi$ . On peut donc en principe imaginer tous les cas possibles suivant la valeur de la phase  $\varphi$ .

En fait, celle-ci est en général petite, inférieure à  $\frac{\pi}{2}$ ; lorsqu'il en est ainsi, la courbe  $\Delta p$  croît avant celle de  $p_1$ , atteint son maximum avant elle et décroît lorsque  $p_1$  est à son maximum. La figure 1 illustre le fait par deux cas réels, ceux des 22/27 octobre 1931 et des 27/30 novembre 1932; ce sont là deux exemples de variation à peu près sinusoïdale de la fonction  $\Delta p$ , en tenant compte de la convention de signe indiquée plus haut.

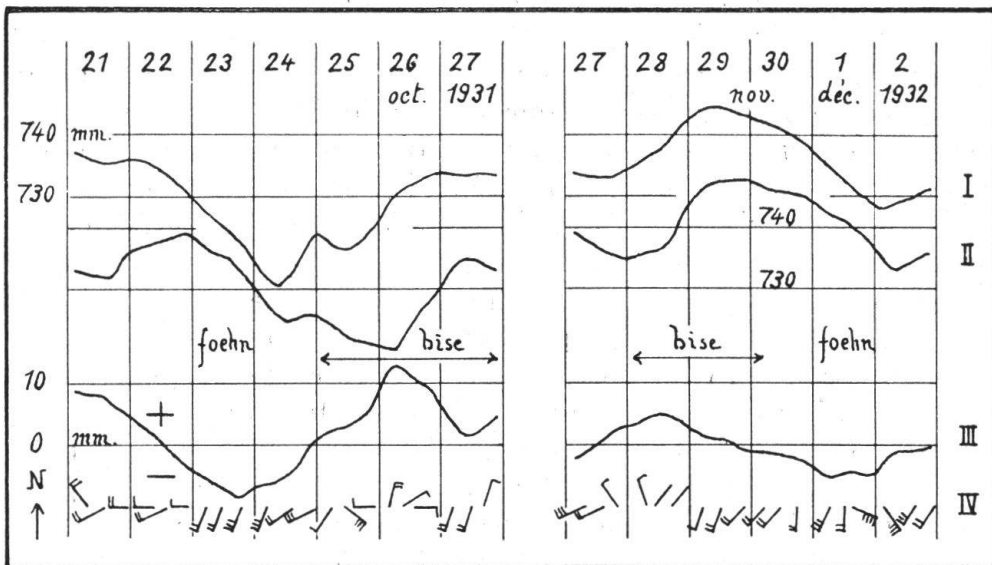


FIG. 1.

- I Pression à Bale.
- II Pression à Lugano.
- III Différence de pression Bale-Lugano, au niveau de Lugano.
- IV Vent au Saentis (Nord en haut).

On rencontre également, mais plus rarement, le cas où  $\varphi = \pi$  :  $p_1$  et  $p_2$  sont en opposition et la courbe  $\Delta p$  a une amplitude double. On peut avoir aussi  $p_1 = \text{const.}$  : la pression au Sud varie seule et la courbe  $\Delta p$  en est l'image renversée.

Cependant chaque fois que la période de bise dépasse 2 ou 3 jours, on passe d'un état variable de pression à un état stationnaire et une fonction périodique du type de celle que nous avons envisagée ne peut plus représenter le phénomène : à une hausse initiale de pression succède une pression constante sur les deux versants; la différence de pression devenue positive le reste, puis décroît lentement; on a alors affaire à un anticyclone stationnaire.

L'origine de l'excès de pression au Nord des Alpes par temps de bise doit être recherchée dans une différence de température entre les deux versants; nous retrouvons ici l'advection d'air froid invoquée par v. FICKER. Il est clair que par temps de bise l'atmosphère du versant Nord est plus froide que celle du versant opposé; l'écart de température peut être encore accru par l'effet de fœhn sur le versant sud. Une telle dissymétrie de température entre les deux versants des Alpes s'observe également par fœhn du sud; elle est alors de signe contraire et TRABERT (6) a montré que le coin de haute pression qui apparaît au Sud des Alpes y trouve son explication. Plus récemment BULLRICH (7) étudiant l'influence de la chaîne alpine sur le champ moyen de pression admet également que la différence de température entre les deux versants explique parfaitement la formation de petits anticyclones locaux, soit au Nord par vent du secteur N, soit au Sud par situation de fœhn. Il n'est pas difficile de montrer à l'aide de la formule barométrique mise sous la forme

$$dp = - \frac{gz}{RT^2} p dt$$

que pour une couche d'air de la hauteur du massif alpin ( $z = \text{env. } 2000 \text{ m.}$ ), une variation de température de l'ordre de  $5^\circ$  par exemple entraîne une variation de pression au sol de l'ordre de 4 mm., en admettant un gradient de pression nul au delà du faite montagneux. Si ce gradient n'est pas nul, la différence de pression peut être accrue pour une même différence de température.



5. — *La température.*a) *Le gradient horizontal.*

Il est raisonnable d'admettre que par forte bise en Suisse romande le courant de NE balaye l'ensemble du Plateau suisse, alors même que dans sa fraction orientale la force du vent soit bien inférieure à celle que l'on observe dans la région du Léman. Les directions du vent telles que les notent les stations de Berne et surtout de Zurich ne sont pas toujours représentatives du courant général; la situation de la Station centrale de Météorologie à Zurich est, comme nous l'avons dit, peu favorable à l'observation du vent dominant. Mais l'examen des cartes isobariques fait suffisamment apparaître l'importance du courant de NE et ne laisse aucun doute sur son existence sur l'ensemble du Plateau, du Bodan au Léman.

Nous admettons donc que par forte bise les stations de Zurich (493,2 m.), de Berne (572,2 m.), Lausanne (552,9 m.) et de Genève (405,0 m.) se trouvent dans un même courant d'air en régime quasi-permanent; nous admettons même qu'elles se trouvent sur un même filet d'air (à l'échelle synoptique!) et qu'une masse d'air donnée y passe successivement. Dans ces conditions, les températures observées en ces quatre points doivent être représentatives de la masse d'air en écoulement et permettre le calcul du gradient horizontal, cela d'autant mieux qu'il s'agit d'une masse froide, relativement stable et dénuée de mouvements convectionnels importants. Nous avons utilisé pour ce calcul la série I comprenant 100 observations par bise forte et continue, choisies « à l'intérieur » des périodes de bise, c'est-à-dire en excluant les débuts et les fins de périodes correspondant à des états transitoires. La série I ne comprend que des observations d'hiver, soit de décembre à février; les mesures de température utilisées sont exclusivement celles du matin (7 h. 30) et du soir (21 h. 30), de sorte que l'influence du rayonnement solaire est éliminée.

Comme les stations envisagées ne se trouvent pas au même niveau, il a paru intéressant d'établir également le gradient des températures réduites à un niveau commun; à cet effet nous avons calculé pour chaque observation la température potentielle, c'est-à-dire la température qui serait celle de la masse d'air ramenée par compression adiabatique à une pression arbitraire, celle de 760 mm. La température potentielle est donnée, on le sait, par la relation

$$\Theta = T \left( \frac{p}{760} \right)^{0,2884}$$

dans laquelle  $T$  est la température observée et  $p$  la pression correspondante. Les gradients sont calculés dans le sens du vent, soit de Zurich à Berne, de Berne à Lausanne, etc.; les moyennes obtenues sont de la sorte toutes positives. Voici ces gradients moyens:

	Zurich-Berne	Berne-Lausanne	Lausanne-Genève
$\Delta T$	0,2°	0,0°	2,7°
par 100 km.	0,2°	0,0°	5,4°
$\Delta \Theta$	1,1°	0,0°	1,1°
par 100 km.	1,2°	0,0°	2,2°

Il ressort nettement de ce tableau que le courant de bise éprouve en hiver un réchauffement notable, mais qu'il est localisé entre Lausanne et Genève. De Zurich à Lausanne le gradient est pratiquement nul; de Lausanne à Genève il atteint la valeur de 2,7°, soit 5,4° par 100 km. L'influence du Lac Léman est ici manifeste et apparaît avec une netteté surprenante. On sait que l'eau du Léman, dans la zone pélagique au moins, ne descend pas au-dessous de 4° en hiver; un courant d'air de température inférieure à 4° doit lui emprunter une quantité de chaleur importante. Or toutes les températures utilisées ici sont inférieures à 4°; 94 d'entre elles sont même inférieures à 0°, les 6 autres lui étant légèrement supérieures. De plus, il est évident que plus la température de l'air est basse, plus la quantité de chaleur cédée par l'eau du lac est grande, et par conséquent plus le gradient de température entre Genève et Lausanne doit être élevé. Il en est bien ainsi comme le montre le tableau suivant où le gradient a été calculé pour deux intervalles de température de l'air: a) pour des températures à Lausanne comprises entre 0° et — 5° (38 obs.), b) pour des températures à Lausanne inférieures à — 5° (56 obs.).

	Lausanne-Genève	Berne-Lausanne
a) $\Delta T$	2,5°	0,0°
par 100 km.	5,0°	0,0°
b) $\Delta T$	2,9°	0,0°
par 100 km.	5,8°	0,0°

En ce qui concerne le gradient de température potentielle, l'examen du premier tableau nous amène aux considérations suivantes: puisque ce gradient, égal à 1,1° entre Berne et Zurich, est nul entre Lausanne et Berne, stations situées à peu de chose près à la même altitude, on peut en conclure

que le courant de bise n'est pas isentrope; comme d'autre part le gradient de température entre Lausanne et Zurich est pratiquement nul ( $0,2^\circ$ ), il faut admettre que la bise est isotherme sur ce parcours. Sur le trajet Lausanne-Genève par contre, il n'y a ni isothermie, ni isentropie: le courant de bise reçoit de la chaleur que lui fournit l'eau du lac.

Le réchauffement de l'air au contact de l'eau des lacs a été étudié par GÖLLES (8) à propos des invasions d'air froid du NW et du NE dans la région de la Mer Caspienne: des différences de température de l'ordre de  $20^\circ$  à  $25^\circ$  s'observent en hiver entre le Nord et le Sud de cette mer intérieure lorsqu'elle est submergée par les puissantes masses froides sibériennes. Bien que GÖLLES ne donne pas de valeur du gradient horizontal et que ses résultats ne puissent se comparer directement aux nôtres, ses conclusions sont corroborées par celles que nous donnons ici. Le même auteur a pu montrer en outre que la masse d'air réchauffée au contact de l'eau est relativement peu importante et qu'à partir d'une certaine altitude le réchauffement cesse de se faire sentir. v. FICKER (9) a fait la même constatation dans une étude des invasions d'air froid aux Canaries: dans les stations basses, l'arrivée de l'air froid resté longtemps au contact de la mer n'est marquée par aucune baisse de température; celle-ci ne se produit que dans les stations élevées.

Le réchauffement de l'air passant sur le Léman est un phénomène qui tend à le rendre instable en modifiant sa stratification thermique. La turbulence des couches basses a pour effet de créer un transport vertical de chaleur: une couche d'air de plus en plus importante prend part au réchauffement et le gradient vertical de température tend à diminuer; l'instabilité qui en résulte ne peut que s'accroître. Il est vrai qu'on ne trouve pas d'indices de cette instabilité dans le cas de la bise sur le Léman; le réchauffement est sans doute trop faible et de trop courte durée pour engendrer une instabilité à grande échelle. Il n'est cependant pas impossible que la plus grande fréquence des brouillards de bise à Genève par rapport à Lausanne soit un effet du processus qui vient d'être décrit (voir plus loin: nébulosité).

a) *La variation locale.*

La bise est un vent froid; lorsqu'elle souffle plusieurs jours de suite, elle provoque régulièrement une baisse de température sur le Plateau suisse. Il est important de re-

marquer que cette baisse suit et continue la chute de température qui marque le passage du front froid. Peu avant le début de la bise, au moment du passage frontal, a lieu le changement de masse d'air; puis la bise s'établit et l'invasion froide se poursuit par l'apport de masses venues de latitudes de plus en plus élevées et par conséquent de plus en plus froides. A cet égard la bise est un phénomène interne par rapport aux masses d'air; il est rare que la bise à son début soit le signe d'un changement de masse d'air: celui-ci a déjà eu lieu.

Reprenant la même série I utilisée par le gradient horizontal, nous avons établi pour chaque période de bise la différence de température entre la première et la dernière observation du matin de chaque période. Il a fallu éliminer ici un certain nombre de périodes trop courtes de la série I ce qui a réduit le nombre de jours à 39. Le quotient des sommes obtenues par 39 nous donnait le refroidissement moyen par 24 heures. Le voici pour trois stations du Plateau :

Genève	1,81° par 24 h.
Zurich	1,95° »
Berne	1,85° »

Ces valeurs s'entendent « à l'intérieur » de la période de bise, c'est-à-dire en excluant le refroidissement frontal ainsi que celui que peut amener le rayonnement en fin de période par ciel serein. On constate qu'en hiver pendant la bise la température décroît en moyenne d'environ 2° par 24 heures. Le minimum rencontré était de 0,7° et le maximum de 4,5°.

Nous avons vu plus haut que le gradient horizontal de température était pratiquement nul sur le Plateau, Lac Léman excepté. Il semblerait à première vue qu'il y ait là contradiction avec le fait que la température varie en un point fixe. Du moment que la température baisse en moyenne de 2° par 24 heures, il doit exister un gradient horizontal: alors le déplacement des surfaces isothermes de la masse d'air en mouvement a nécessairement pour effet de provoquer en un point fixe une variation de température, dans notre cas une baisse. Montrons que si ce gradient existe, il suffit qu'il soit très faible pour entraîner une variation locale de l'ordre de grandeur indiqué ci-dessus. Ecrivons que la variation locale de température est égale à la variation advective (qui dépend de la vitesse du vent et du gradient de

température) augmentée de la variation individuelle (en un point de la masse en mouvement); les distances sont comptées positivement dans le sens du vent. On a :

$$-\frac{\partial T}{\partial t} dt = v \frac{\partial T}{\partial s} dt + \frac{dT}{dt} dt$$

Nous avons vu que la variation individuelle était nulle sur le Plateau; le deuxième membre de droite est donc nul. De la relation

$$-\frac{\partial T}{\partial t} dt = v \frac{\partial T}{\partial s} dt$$

on tire la valeur du gradient horizontal de température  $\frac{\partial T}{\partial s}$  en posant

$$\frac{dT}{dt} = 2^{\circ} \text{ p. } 24 \text{ h.} \quad \text{et} \quad v = 40 \text{ km. p. h.,}$$

valeur arbitraire mais vraisemblable de la vitesse moyenne de la bise. Après conversion en unités concordantes, on trouve pour le gradient horizontal  $0,2^{\circ}$  par 100 km., soit une valeur identique à celle que nous avons trouvée directement entre Berne et Zurich. En adoptant une vitesse moyenne supérieure à 40 km. p. h., le gradient serait encore plus faible. Sur le Léman il faut tenir compte de  $\frac{dT}{dt}$  qui n'est pas nul; le calcul donne pour le gradient  $5,2^{\circ}$  p. 100 km., valeur très voisine de celle que nous avons trouvée ( $5,4^{\circ}$ ).

#### 6. - *Nébulosité. Formes nuageuses.*

C'est un fait bien connu que la bise en Suisse romande est un vent de beau temps; le ciel serein qui l'accompagne est un indice de plus de son caractère anticyclonique. En général l'éclaircie qui suit la période pluvieuse apparaît en même temps que la bise: la bise chasse les nuages, dit-on communément. Mais il n'est pas rare que la bise se lève alors que le ciel est déjà clair, cela surtout dans la belle saison.

Au lieu d'étudier l'évolution de la couverture du ciel notée dans l'échelle de 0 à 10 par les observateurs du réseau météorologique fédéral, nous avons tenté de faire ressortir la décroissance de la nébulosité au moyen des données de l'héliographe. Utilisant la série II d'observations, nous avons calculé la durée moyenne d'insolation par jour de période de bise pour les stations de Genève, Lausanne, Berne,

Zurich et du Saentis. Les heures d'insolation ainsi trouvées ne peuvent prétendre qu'à donner une idée de la décroissance de la nébulosité; on considérera la valeur relative des nombres ci-dessous plus que leur valeur absolue.

*Insolation moyenne en heures pendant les périodes de bise (60 périodes; 208 jours).*

	1 <sup>er</sup> jour	2 <sup>e</sup> j.	3 <sup>e</sup> j.	4 <sup>e</sup> j.	5 <sup>e</sup> j.
Genève	3,9	4,6	5,1	4,4	5,5
Lausanne	3,5	6,0	6,0	5,6	6,7
Berne	2,1	3,6	4,5	4,0	4,7
Zurich	1,9	3,5	4,0	4,1	4,2
Saentis	2,6	4,2	5,8	5,8	7,1
Saentis, hiver	3,0	4,3	6,1	6,4	7,9

Sur tout le Plateau la diminution de la nébulosité par la bise est manifeste; elle est plus accentuée en Suisse romande où Lausanne semble jouir à cet égard d'une situation privilégiée; l'insolation quelque peu plus forte qu'on y observe par rapport à Genève est due aux mois d'hiver lors desquels le Petit-Lac est souvent couvert d'une couche de stratus qui fait défaut sur le Grand et le Haut-Lac. La trouée de Lausanne dans le plafond de stratus est un fait d'observation fréquente et dont l'explication n'est pas immédiate. Nous avons indiqué plus haut (p. 108) une cause que l'on peut invoquer, mais elle n'est sans doute pas la seule.

Les moyennes du Saentis, celles des mois d'hiver surtout, montrent bien l'effet de la subsidence anticyclonique; cette station émerge fréquemment de la mer de brouillard qui recouvre le Plateau par temps de bise. On pourrait citer de nombreux cas où le Saentis après le refroidissement du début voit sa température remonter rapidement sous l'effet de la subsidence; le courant froid du NE est alors limité vers le haut par une surface d'inversion de température au delà de laquelle l'atmosphère est relativement calme, sèche et parfaitement sereine (voir l'exemple donné plus loin).

Les *formes nuageuses* qui caractérisent le ciel de bise sont très simples: le stratus en est le genre le plus typique, en hiver surtout. Lorsque le courant de bise affecte une grande épaisseur, ce qui est presque toujours le cas par bise forte, ce stratus est entraîné rapidement par le vent du NE, du NNE, parfois de l'ENE. Lorsque la bise tombe, le stratus jusqu'alors très fragmentaire augmente de densité et se soude



en un plafond uniforme presque immobile. En été, le stratus n'apparaît pas toujours.

Une forme nuageuse extrêmement typique est celle des nuages d'obstacle qui se forment sur les Alpes de Savoie; celles-ci disparaissent dans un épais brouillard dès le début de la bise, et c'est même souvent en hiver le premier signe de son existence : l'horizon bouché du Sud et du Sud-Ouest est à Lausanne l'aspect le plus typique des ciels de bise hivernaux. En été le capuchon nuageux des Alpes de Savoie est souvent réduit à une brume épaisse surmontée d'une crête de cumulus. Ces nuages d'obstacle prouvent indiscutablement que le courant de bise, qui au sol est à peu près parallèle à la chaîne alpine, possède en altitude une composante normale à cette dernière.

Mentionnons enfin certains altocumulus lenticulaires stationnaires apparaissant parfois au-dessus de la côte suisse du Léman; nuages de relief, ces lenticulaires se forment probablement au niveau d'une surface d'inversion de température.

#### 7. — *Les précipitations orographiques.*

La situation isobarique générale par temps de bise a été décrite plus haut; elle a pour effet de créer un gradient de pression dirigé vers le Sud ou le Sud-Est sur l'Europe centrale. Il est clair que cette situation est aussi celle du fœhn du Nord, courant par lequel les masses d'air du versant Nord des Alpes tendent à se déverser sur le versant Sud par les vallées encaissées de ce versant. Le fœhn du Nord, moins bien connu que celui du Sud, a été étudié notamment par BILLWILLER (10) dont les conclusions en matière synoptique s'accordent assez bien avec les nôtres. Il serait toutefois hasardeux de vouloir fondre en un même phénomène la bise du Plateau et le fœhn des vallées tessinoises; si dans l'un et l'autre cas il y a transport d'air relativement froid du versant Nord des Alpes vers des régions plus méridionales, il serait imprudent, à notre avis, de croire à leur simultanéité complète.

Nous n'avons pu, faute de matériel suffisant relatif au fœhn du Nord, aborder cette question qui attend encore sa solution. Quoiqu'il en soit, il est hors de doute qu'une fraction plus ou moins importante du courant de NE franchit le faite alpin. Il est possible de mettre en évidence l'effet de barrage que produisent les Alpes sur ce courant au moyen des précipitations d'origine orographique. Puisque tout courant aérien franchissant une chaîne de montagnes atteint à

un moment donné son niveau de condensation et le dépasse, il donne ou peut donner naissance à des précipitations orographiques. Il est donc permis de rechercher si de telles précipitations peuvent avoir lieu par temps de bise et quelle est leur distribution géographique.

A cet effet nous avons dressé la liste du nombre de jours de pluie (supérieure à 0,3 mm.) pour quelques stations de plaine et de montagne, en les ordonnant pour chacune des 60 périodes de la série II.

*Nombre total de jours de pluie par période de bise et par jour de la période (60 périodes; 208 jours).*

	1 <sup>er</sup> jour	2 <sup>e</sup> j.	3 <sup>e</sup> j.	4 <sup>e</sup> j.	5 <sup>e</sup> j.	plus de 5 j.	Total	%
Bâle (318 m.)	17	9	6	5	2	—	39	19
Zurich (493 m.)	27	15	5	4	2	—	53	25
Altdorf (456 m.)	29	12	5	3	—	—	49	24
Rigi (1787 m.)	34	18	9	5	3	—	69	33
Saentis (2500 m.)	34	19	7	4	4	1	69	33
Gothard (2103 m.)	40	32	16	8	2	2	100	48
Lugano (276 m.)	16	14	7	5	—	—	42	20
Genève (405 m.)	7	4	2	1	—	—	14	7

La dernière colonne donne le pourcentage de jours pluvieux par rapport au nombre total de jours de bise (208).

L'examen du tableau est assez instructif et amène aux deux constatations suivantes: 1. Un accroissement régulier du nombre des jours de pluie en allant du Plateau vers le faite alpin; il y a de la pluie un jour sur cinq à Bâle, un jour sur deux au Gothard par la bise; le caractère orographique de ces précipitations apparaît donc nettement. 2. Une diminution rapide du nombre de jours de pluie au cours d'une période de bise; c'est l'expression de la stabilisation anticyclonique de l'atmosphère qui s'opère par temps de bise. On remarquera l'importance toute particulière de cette stabilisation en Suisse romande ou à Genève, par exemple, 7 % seulement des jours de bise sont pluvieux. C'est là un point de la plus haute importance pour la prévision du temps en Suisse romande, qui à cet égard se distingue nettement de la Suisse septentrionale et de la région alpine. Le courant de bise dans la région du Léman est sensiblement parallèle aux deux berges montagneuses, Alpes et Jura, du couloir d'écoulement de l'air; il n'est donc pas surprenant que le courant de NE ne produise pas de précipitations orographiques en cette région;



les quelques cas de pluie relevés à Genève dans le tableau ci-dessus sont essentiellement des pluies frontales ou post-frontales.

Les chiffres relatifs à Lugano que nous donnons à titre de comparaison justifient partiellement les réserves que nous avons faites plus haut au sujet du fœhn du Nord. Il s'en faut de beaucoup que Lugano soit exempt de pluie lorsque la bise souffle sur le Plateau: on y note autant de jours de

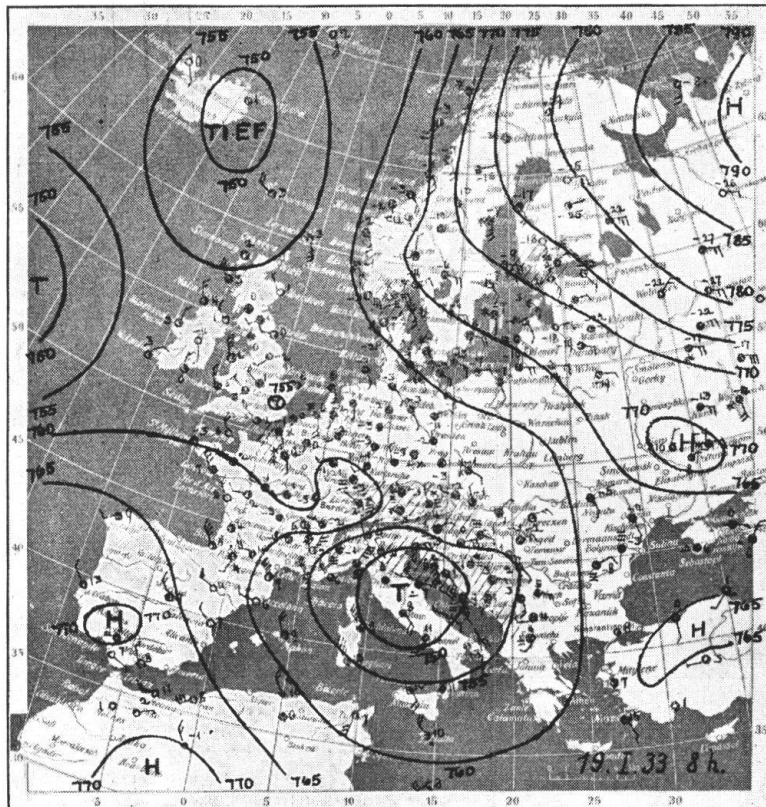


FIG. 2.

pluie qu'à Bâle (20 %). Nous nous bornons à signaler le fait en faisant remarquer que le Tessin peut dans certains cas se trouver sous l'influence de la dépression active de la Méditerranée, qui possède son propre système nuageux et pluvieux.

#### 8. — Exemple des 18/28 janvier 1933.

Pour clore cette étude, nous donnons ci-dessous un exemple de bise hivernale caractéristique relevé au cours de la troisième décade du mois de janvier 1933.

*Situation générale.* — Le 18 janvier, un puissant anticyclone (plus de 785 mm.) est centré sur la Sibérie septen-

trionale et s'étend sur toute la Russie; sur l'Ouest du continent la pression est basse: une dépression se trouve au Nord de l'Islande, une autre venue du golfe de Gascogne (trajectoire Va) est centrée sur la Méditerranée occidentale (moins de 745 mm.); en Europe centrale le gradient est très faible. Vers 16 h., le même jour, un front froid diffus, difficilement reconnaissable au sol, marque son passage au thermogramme du Saentis. Le 19, la situation est la même dans

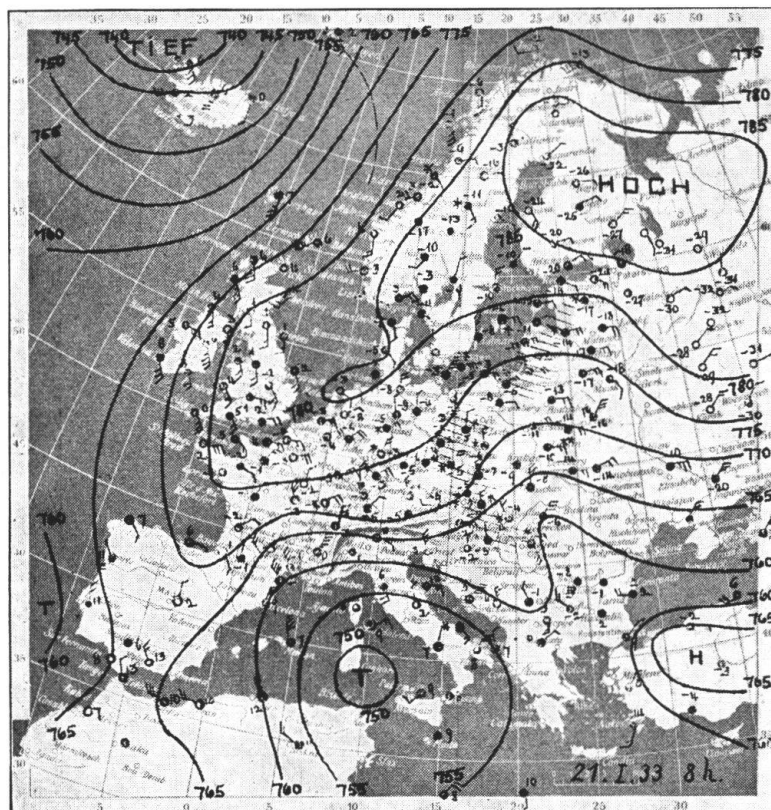


FIG. 3.

ses grandes lignes: la pression est en hausse sur tout le Nord du continent; la dépression méditerranéenne s'est déplacée vers l'Est en se comblant légèrement; son centre se trouve sur l'Italie centrale; le vent est fort sur toute la partie centrale de la Méditerranée. Nous soulignons le fait que malgré cette profonde dépression au Sud des Alpes, la bise ne souffle pas en Suisse romande alors que Marseille annonce un violent mistral; le gradient est en effet encore faible sur l'Allemagne et la France (fig. 2). Le 20, l'anticyclone russo-sibérien s'est étendu vers l'Ouest et couvre maintenant la plus grande partie du continent; un courant de NE commence à

se dessiner en Europe centrale; la dépression du Sud qui se comble lentement a son centre sur la Mer Ionienne. A partir du 21 la situation devient stable et stationnaire: un puissant anticyclone centré au Nord-Est couvre tout le con-

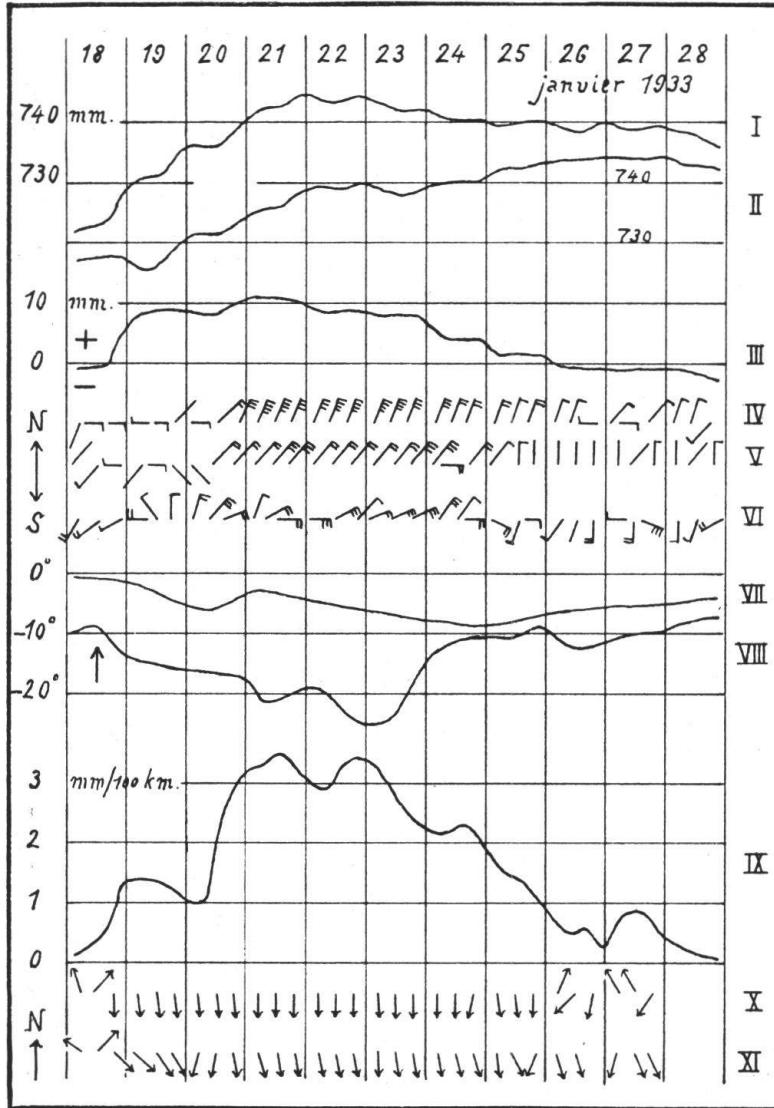


Fig. 4.

- I Pression à Bâle.
- II Pression à Lugano.
- III Différence de pression Bâle-Lugano, au niveau de Lugano.
- IV à VI Vent à Genève, Berne et au Saentis (Nord en haut);  
empennage = 1/2 échelle de Beaufort.
- VII Température à Genève (d'après les observations de 7 h. 30).
- VIII Température au Saentis (d'après les observations de 7 h. 30 et de  
21 h. 30). La flèche indique le passage frontal.
- IX Valeur du gradient réel de pression sur le Plateau suisse en mm. par  
100 km.
- X et XI Direction du gradient réel de pression pour les triangles Bâle-Zurich-  
Berne (X) et Neuchâtel-Sion-Genève (XI). Nord en haut.

minent (max. 785 mm.); la pression en Méditerranée est encore relativement basse, mais supérieure à 750 mm.; un vaste courant de N à NE amène en Europe centrale de l'air froid de la mer Baltique et d'au delà (fig. 3). Dès le 26, l'axe anticyclonique, orienté jusque là W-E, opère une rotation qui l'amène à la position NW-SE; la pression baisse en Laponie et au Portugal. Il ne reste le 29 qu'un petit anticyclone sur les Balkans, tandis que l'activité dépressionnaire reprend à l'Ouest sur le golfe de Gascogne.

La figure 4 donne une vue d'ensemble de ce qui s'est passé en Suisse du 18 au 28 janvier. La bise se lève le 20 à la fin de la matinée et devient rapidement forte; elle se maintient d'une façon continue, mais en faiblissant peu à peu, jusqu'au 26. Au Saentis, le vent tourne au NW puis au N le 19 déjà. Lugano (non représenté) note du fœhn du Nord le 19 et le 20 au matin, donc avant la bise! La différence de pression Bâle-Lugano devient rapidement positive aussitôt après le front froid; elle atteint 11 mm. le 21, puis décroît lentement pour devenir faiblement négative dès le 26. On remarquera la baisse post-frontale de température à Genève du 18 au 20, puis la baisse « à l'intérieur » de la bise dès le 21. Au Saentis (comme au Rigi d'ailleurs), la température baisse rapidement dès le passage frontal et atteint  $-25^{\circ}$  le 23 au matin; à partir de ce moment elle s'élève plus rapidement encore par suite de la subsidence qui s'opère au-dessus d'une surface d'inversion de température; les 24 et 25 la température au Saentis n'est que de  $2^{\circ}$  à  $3^{\circ}$  inférieure à celle de Genève. La mer de brouillard qui s'est formée au niveau de la surface d'inversion s'abaisse progressivement: le 22 elle oscille entre 2000 et 2300 m., le 23 elle se trouve vers 2100 m., le 24 entre 1400 et 1500 m., le 26 à 1000 m., le 27 à 900 m. et le 28 à 800 m.; le 29 enfin elle descend jusqu'à 600 m.

La courbe IX donne la valeur du gradient réel en mm. par 100 km. sur le Plateau suisse; elle est établie en prenant la moyenne entre deux valeurs simultanées fournies par les deux triangles Bâle-Zurich-Berne et Neuchâtel-Berne-Genève. La direction de ce gradient est indiquée en X et XI pour les deux triangles séparément.

Le tableau suivant permet de représenter l'état de la couverture du ciel pendant la période envisagée; il donne les valeurs journalières de l'insolation en heures pour quatre stations du Plateau et pour le Saentis.

On remarquera l'éclaircie par disparition partielle du pla-

Janvier 1933	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Genève	0,0	4,8	4,5	4,0	1,3	0,1	0,0	2,3	0,0	0,2
Lausanne	0,0	2,6	7,5	5,6	7,6	6,6	4,1	2,0	0,0	1,5
Berne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2	1,5	4,8
Zurich	0,0	0,0	0,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Saentis	2,0	0,0	0,0	0,0	6,5	8,0	8,0	4,9	8,8	3,9

fond de stratus en Suisse romande, nettement plus importante à Lausanne qu'à Genève, presque inexistante en Suisse orientale qui reste couverte. Le Saentis qui est couvert jusqu'au 21 jouit dès le 22 d'une insolation voisine du maximum possible en cette saison; la sécheresse de l'air qu'on y observe à ce moment (30 à 50 % d'humidité relative) est un indice de plus de la subsidence qui caractérise les couches supérieures de la troposphère anticyclonique.

### Bibliographie.

1. J. MAURER, ROB. BILLWILLER u. CL. HESS. — Das Klima der Schweiz. Frauenfeld, 1909/10.
2. J. MULLER. — Über die Nordwinde der Westschweiz. *Annalen d. schweiz. meteorol. Central-Anstalt*. Zurich, 1888.
3. E. BÉNÉVENT. — Le climat des Alpes françaises. *Mémorial de l'Office nat. météorologique*, No 14, Paris, 1926.
3. E. BÉNÉVENT. — Le Léman. Monographie limnologique, vol. I. Lausanne, 1892.
5. H. v. FICKER. — Der Einfluss der Alpen auf Fallgebiete des Luftdruckes u. die Entstehung v. Depressionen auf dem Mittelmeer. *Met. Zeitschrift*, Bd. 37, Braunschweig, 1920.
6. W. TRABERT. — Die langdauernde Föhnperiode im Oktober 1907 u. die Luftdruckverteilung bei Föhn. *Met. Zeitschrift*, Bd. 25, Braunschweig, 1908.
7. K. BULLRICH. — Der Einfluss der Gebirge auf des Luftdruckbild. *Met. Zeitschrift*, Bd. 58, Braunschweig, 1941.
8. F. GÖLLES. — Kältewellen im Gebiete des Kaspischen Meeres. *Sitzungsber. d. Akademie d. Wissenschaften in Wien*, Math-naturwiss. Klasse, Abt. II a, Bd. 131, Wien, 1922.
9. H. v. FICKER. — Der Vorstoss kalter Luftmassen nach Teneriffa. *Veröff. d. Preuss. met. Instituts*, No 337, Berlin, 1926.
10. R. BILLWILLER. — Der Bergeller Nordföhn. *Annalen d. schweiz. meteorol. Central-Anstalt*, Zurich, 1902.